

An. Inst. Invest. Mar. Punta Betín	21	5 - 12	Santa Marta - Colombia, 1992	ISSNN 0120 - 3959
------------------------------------	----	--------	------------------------------	-------------------

EVALUACION DE LA CONTAMINACION EN LOS SEDIMENTOS DE LA BAHIA DE CIENFUEGOS, CUBA

Nora Ablanado, Humberto González, Isabel Campos e Ibis Torres

RESUMEN

Sedimentos superficiales fueron colectados en la bahía de Cienfuegos (Cuba), durante dos campañas de muestreo, para investigar la composición de la fauna meiobentónica así como el contenido de metales pesados y materia orgánica (carbono y nitrógeno), con el objetivo de determinar la influencia de las fuentes antropogénicas en los niveles de contaminación del sistema. Los resultados muestran el origen terrígeno de los sedimentos de diferentes zonas de la bahía, caracterizados por el alto contenido orgánico, descomposición e inestabilidad, así como un bajo número de grupos taxonómicos de la meiofauna. En las proximidades de los puntos de descarga de residuales urbano-industriales, fueron encontradas bajas densidades meiobentónicas simultáneamente con los mayores contenidos de plomo.

ABSTRACT

Surface sediment samples were taken during two sampling campaigns in Cienfuegos bay (Cuba). The composition of meiobenthic communities, heavy metals and organic matter (carbon and nitrogen) contents were determined in order to assess the influence of anthropogenic sources in the pollution levels of this system. The results show the terrigenous origin of the sediments from different zones of the bay, which are characterized for high organic contents, features of decomposition and unstableness, and low number of taxonomic meiobenthic groups. The lowest meiobenthic densities simultaneously with the highest lead contents, were detected in the proximities of discharge points of urban and/or industrial waste waters.

INTRODUCCION

Las características de los sedimentos, tanto biológicas como químicas, brindan una valiosa información sobre el impacto de la contaminación en ecosistemas acuáticos. La fauna meiobentónica ha sido utilizada para evaluar el grado de deterioro de un ecosistema marino en relación con la entrada de contaminantes y las alteraciones que en estas comunidades se observan (Gray y Ventilla, 1971; Gowing y Hulings, 1976; Herrera y Valle, 1980; Herrera y Sánchez, 1982). El contenido de algunas sustancias en

los sedimentos, como carbono orgánico, nitrógeno orgánico y metales pesados entre otras, permite determinar el origen y el grado de afectación de un cuerpo de agua. El presente trabajo forma parte de estudios multidisciplinarios realizados en la bahía de Cienfuegos y tiene como objetivo la evaluación de la calidad ambiental de los sedimentos, en base a algunos factores bióticos y abióticos.

AREA DE ESTUDIO

La bahía de Cienfuegos se encuentra ubicada en la costa sur de Cuba a los $27^{\circ} 9' N$ y $80^{\circ} 27' W$. Constituye una típica bahía de bolsa, con un área de 90 Km^2 y una profundidad media de 9.7 m . Se encuentra unida al mar Caribe por un canal estrecho y sinuoso que posee una longitud de 3 km .

En su margen noreste se desarrolla principalmente la actividad urbano-industrial; los residuos que se generan son vertidos de forma directa e indirecta, ésta última mediante las corrientes fluviales que desembocan a este ecosistema que son: Damují, Arroyo Inglés, Salado, Caunao y Arimao (fig. 1).

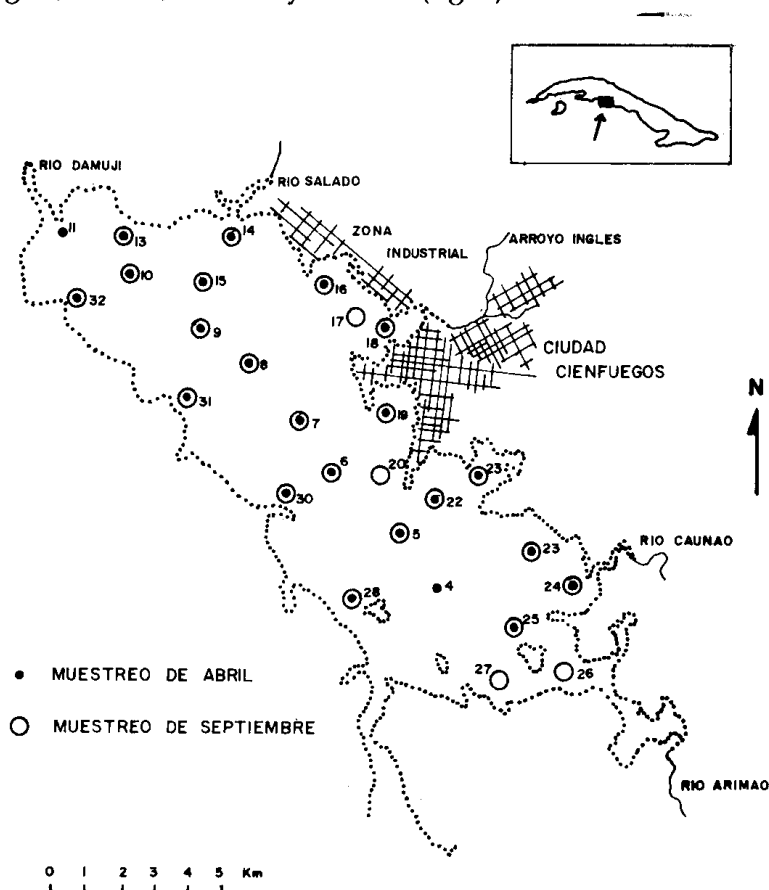


Figura 1. Bahía de Cienfuegos, Cuba; estaciones de muestreo de sedimentos superficiales.

MATERIALES Y METODOS

Las muestras de sedimentos fueron colectadas en abril y septiembre de 1988, mediante buceo autónomo en una red de estaciones que se muestra en la figura 1.

Para el análisis del meiobentos, los sedimentos se colectaron con un cilindro de área muestral de 10 cm². Se tomaron los 10 primeros centímetros de sedimentos y se preservaron en pomos plásticos con formol neutralizado al 4% hasta su posterior procesamiento en el laboratorio, donde se pasaron a través de una columna de tamices de 1; 0.5, 0.25, y 0.10 mm de abertura de malla. Mediante agitación y decantación, se extrajeron los organismos del material retenido en los tres últimos tamices, los cuales fueron contados y clasificados en una cámara de Bogorov bajo un microscopio estereoscópico. Se determinó la densidad de organismos por unidad del muestreador y el número de taxones presentes en cada estación.

Paralelamente se colectaron muestras de sedimentos para análisis de carbono, nitrógeno y materia orgánica. El carbono y el nitrógeno orgánico se determinaron según la metodología de APHA-AWWA-WPCF (1980) y la materia orgánica por ignición a 550 °C durante 3 horas.

Para el análisis de metales se obtuvo la fracción menor de 63 micras mediante tamices plásticos. Esta fué digerida con HNO₃/HCl (McKown *et al.*, 1978) y fueron determinados Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn en un espectrofotómetro de absorción atómica SP-9 (Pye Unicam) con llama aire/acetileno, corrección de fondo por deuterio y lectura directa en la curva de calibración.

Para la comparación estadística de algunos resultados, se utilizaron el coeficiente de correlación lineal y la prueba no paramétrica de los signos (Siegel, 1972).

RESULTADOS

La densidad total de organismos de la meiofauna no presentó diferencias significativas entre muestreos ($p < 0.05$), pero si mostró una distribución heterógena dada por las diferencias entre las zonas, observándose los menores valores medios en las estaciones más próximas a los vertimientos directos de la zona urbano-industrial (tabla 1); similares resultados en el comportamiento de las densidades, en relación a las zonas de vertimiento de residuales a la bahía, fueron obtenidos por Herrera y Sánchez (1982).

Los nemátodos fueron el grupo taxonómico que más incidió en la densidad total, y mostraron respecto a ésta los mayores coeficientes de correlación ($r = 0.90$ en abril y $r = 0.60$ en septiembre). Los restantes grupos taxonómicos presentes fueron poliquetos y copépodos, que aparecieron junto con los nemátodos en casi todas las estaciones, como se observa en la figura 2. Tanto en abril como en septiembre en muy pocas estaciones aparecieron otros grupos; en abril se observaron otros taxones con muy bajas densidades (sipuncúlidos, ostrácodos y cumáceos). En el muestreo de septiembre además de nemátodos, poliquetos y copépodos, apareció el taxon ostráco-da sólo en la estación 17 y con un número bajo de organismos por área muestreada.

Tabla 1. Densidad total del meiobentos (organismos/cm²) en diferentes zonas de la bahía.

ZONA	ESTACIONES	MUESTREO	$\bar{X}$ (INTERVALO)	CV %
Cercana a los sistemas fluviales	10-11-13-14	abril	22.3 (3.6 - 45)	65
	23-24-26-32	septiembre	14.8 (0 - 47.4)	105
aporte directo de residuos de la zona urbano-industrial	16-17-18	abril	8.8 (0.9 - 26.3)	109
	20-22-23	septiembre	8.6 (0.8 - 26.1)	113
menor influencia de vertimientos antropogénicos	2-3-4-5-6	abril	10.1 (0.8 - 22.2)	75
	7-8-9-15	septiembre	16.3 (1.8 - 72)	123
	27-28-30-31			

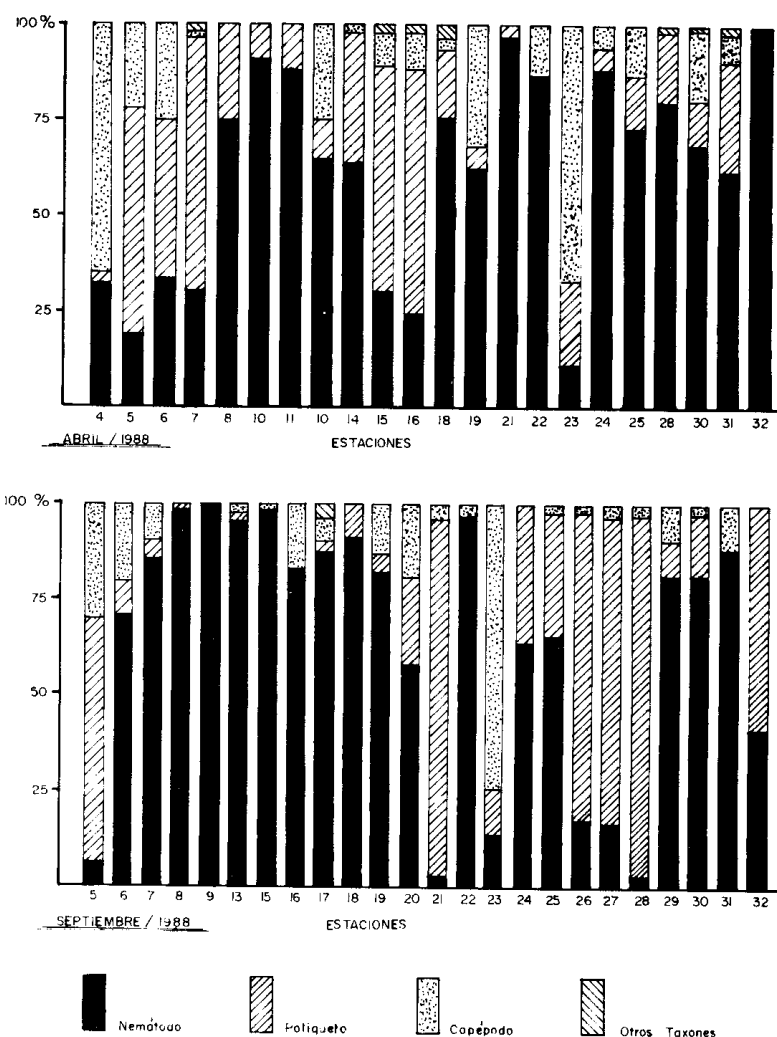


Figura 2. Composición porcentual de grupos taxonómicos del meiobentos de la bahía de Cienfuegos.

Un resumen de los valores de carbono, nitrógeno y materia orgánica se expone en la tabla 2. No se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) para cada factor entre los muestreos.

Los porcentajes de materia orgánica correspondieron a los de zonas enriquecidas como la laguna del Guayabal y la bahía de la Habana (Herrera y Valle, 1980; Chabalina y Fernández, 1989).

Tabla 2. Contenidos de carbono, nitrógeno y materia orgánica (en%) en los sedimentos superficiales de la bahía de Cienfuegos.

FACTORES	MUESTREO	$\bar{X}$ INTERVALO	CV%
carbono orgánico	abril	2.4 (0.32 - 5.51)	55
	septiembre	2.9 (0.97 - 7.21)	50
nitrógeno orgánico	abril	0.24 (0.12 - 0.41)	33
	septiembre	0.21 (0.06 - 0.43)	33
materia orgánica	abril	14.5 (4.9 - 25.0)	35
	septiembre	13.4 (2.4 - 19.1)	35

La tabla 3 muestra las estaciones que en cada campaña presentaron valores superiores a 2.3% de carbono orgánico y de 0.15% de nitrógeno orgánico, valores límites inferiores que, según McKentchum (1969), indican la descomposición de los sedimentos. Asumiendo la tipificación propuesta por Ballinger y McKee (1971), el mayor porcentaje de las estaciones (67% y 57% del total en abril y septiembre respectivamente), correspondió a sedimentos del tipo III, es decir, nitrogenados no estables.

Tabla 3. Estaciones con valores de carbono y nitrógeno orgánico indicativos de sedimentos en descomposición.

MUESTREOS	ESTACIONES CON CARBONO ORGANICO >2.3%	ESTACIONES CON NITROGENO ORGANICO > 0.15%
abril	5-7-10-11-15-18-22 23-25-28-30-32	todas excepto la 10
septiembre	6-7-13-14-16-18-19-22 23-24-26-28-31-32	todas excepto la 16-21 23-24-28-29

Para determinar el origen de los sedimentos se empleó la relación carbono org. / nitrógeno org. y, clasificándolos según la proposición de Guerzoni y Rovatti (1987), se observó que más del 80% de las estaciones presentaron sedimentos con características terrígenas, con un aumento de la relación en las proximidades de las desembocaduras de los ríos y en las estaciones más cercanas a los vertimientos directos de la zona

industrial y urbana.

En la tabla 4 se exponen los principales resultados para los metales pesados analizados. Las mayores variaciones entre estaciones fueron obtenidas para Pb en ambos muestreos y para Mn principalmente en abril (como lo indican los coeficientes de variación); el primero presentó la mayor concentración en la estación 19 en abril y en la estación 18 en septiembre; ambas estaciones están ubicadas en las cercanías del área urbano-industrial; en esta zona también se evidenció el impacto de los vertimientos en los valores de Zn y Cu. Tanto Pb como Cu y Zn son metales que pueden indicar el origen urbano industrial de la contaminación (Moore y Ramamoorthy, 1984). En el lóbulo interno de la bahía tanto en abril como en septiembre se presentaron los menores valores de Mn, debido posiblemente a las condiciones redox prevalecientes en los sedimentos de esa zona.

Tabla 4. Contenidos de metales pesados (en ug/g, excepto Fe en %) en los sedimentos superficiales de la bahía de Cienfuegos.

METAL	MUESTREO	$\bar{X}$	(INTERVALO)	CV %
Co	abril	7.7	(3.2 - 10.7)	22
	septiembre	7.9	(3.6 - 14.0)	33
Cu	abril	53	(37 - 78)	21
	septiembre	63	(25 - 145)	41
Fe	abril	4.08	(1.69 - 5.59)	23
	septiembre	4.49	(2.45 - 7.01)	26
Mn	abril	685	(283 - 1979)	72
	septiembre	587	(303 - 1477)	47
Ni	abril	38	(20 - 56)	24
	septiembre	32	(16 - 46)	28
Pb	abril	19	(2 - 156)	191
	septiembre	8	(2 - 48)	110
Zn	abril	80	(48 - 114)	18
	septiembre	95	(40 - 175)	32

DISCUSION

El análisis integral de los resultados muestra que los sedimentos de diferentes áreas de la bahía están sometidas al impacto de factores externos, dado por el origen

terrágeno, alto contenido orgánico, características de descomposición e inestabilidad y alguna contaminación por metales, especialmente por Pb, la cual puede estar originada por el transporte automotor o el escurrimiento pluvial; este fenómeno se manifiesta más marcadamente en las inmediaciones de las descargas directas de residuos de la zona urbano-industrial.

La alta heterogenidad de la distribución de las densidades meiobentónicas reflejada en los valores de los coeficientes de variación, puede estar causada por diferentes factores, entre los que se encuentran el efecto tóxico de los residuales vertidos en determinados puntos aledaños a la zona urbano - industrial, en los que se encontraron bajas densidades meiobentónicas en comparación con otras zonas de la bahía con similar textura de sedimentos (Villasol *et al.*, 1990), como es el caso de las estaciones próximas a las desembocaduras de los ríos. Esto puede deberse a que los contaminantes aportados a estas corrientes superficiales, sufren dilución u otros procesos antes de llegar a la bahía, conllevando una menor toxicidad para determinados grupos taxonómicos.

La no existencia de correlación entre las características granulométricas de los sedimentos con las de la meiofauna, corrobora, que en esta bahía, la textura de los sedimentos no es el factor fundamental en la distribución de la meiofauna.

De forma general se observó un número reducido de grupos taxonómicos. Los grupos que tuvieron mayor contribución a la densidad total de organismos, fueron nemátodos, poliquetos y copepodos, el primero con mayor peso que los restantes, hecho corroborado por la significativa correlación que se obtuvo entre la densidad de este grupo y la densidad total.

CONCLUSIONES

Gran parte de los sedimentos de la bahía presentaron características terrígenas, de inestabilidad y descomposición, así como alto contenido orgánico. La zona más afectada de la bahía por la descarga de residuales es que la que recibe los vertidos directos del área urbano-industrial, mostrado principalmente por la disminución de las densidades meiobentónicas y las concentraciones de plomo, metal que denotó y delimitó el impacto de la contaminación por metales pesados sobre este ecosistema.

BIBLIOGRAFIA

- APHA-AWWA-WPCF. 1980. Standard methods for the examination of water and wastewater. 15th edition, Washinton, U.S.A., 1134p.
- Ballinger, D.G. y G.D. McKee. 1971. Chemical characterization of botton sediments. JWPCF, 43(2):216-227.
- Chabalina, L y M.C. Fernández. 1989. Calidad de los sedimentos de la costa norte de Ciudad de La Habana. Rev. Cient. Téc. IIT. 14:22-33
- Gowing, M. M. y N.C. Hulings. 1976. A spatial study of the meiofauna on a sewage polluted lebanese sand beach, Acta Adriatica, 18(2):341-362.
- Gray, J y R.J. Ventilla. 1971. Pollution effect on micro and meiofauna of sand. Mar. Pollut. Bull., 2(3):39-

- Guerzoni, S. y C. Rovatti. 1987. Organic matter composition in coastal marine sediments from different depositional areas, Italy. *Sci. Total Envir.*, 62:477-479.
- Herrera, A. y R. del Valle. 1980. Características de la meiofauna bentónica en la laguna y zona costera de Guayabal, en relación con el grado de contaminación. *Cien. Biol.*, 5:29-45.
- Herrera, A. y J. Sánchez. 1982 Características de la meiofauna bentónica en la bahía de Cienfuegos y algunos aspectos de su ecología. *Cien. Biol.*, 7:13-32
- McKenthum. K.M., 1969. The practice of water pollution biology U.S. Dep.Int., Fed. Wat. Poll. Cont. Adm., Washington, 281p.
- McKown, M.M., C.R. Tschirn y P.P.F. Lee. 1978. Investigation of matrix interferences for AAS trace metal analyses of sediments. Report No. EPA-600/7-78-085, Cincinnati, 131p.
- Moore, J.W. y S. Ramamoorthy. 1984. Heavy metals in natural waters, Springer-Verlag, New York, 269p.
- Siegel, S. 1972. Diseño experimental no paramétrico. Edición Revolucionaria, La Habana, 346p
- Villasol, A.; N. Jaime; R. Mederos; H Quintana; J. Martínez; I. Fernández y A. Tur. 1990. Estudios de la contaminación en la bahía de Cienfuegos. Informe Final, MITRANS, Instituto de Investigaciones del Transporte, La Habana 65p.

DIRECCION DE LOS AUTORES:

Unidad de Protección Ambiental. Instituto de Investigaciones del Transporte, Apartado 17029. Ciudad Habana 17, C.P. 11700, CUBA